



FEDERCHIMICA
ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,
speciali e medicinali

IDROGENO

Trasporto e stoccaggio

Sicurezza delle bombole

Paolo Turchi – RECOMA GROUP
Matteo Spangaro – Faber Industrie SpA

XVII Riunione Nazionale di Sicurezza – Stresa, 15 e 16 novembre 2023

Faber ha due siti produttivi dove produce bombole in acciaio e composito, coprendo l'intero range di bombole Tipo 1-2-3-4

CIVIDALE DEL FRIULI (UD)



- Sqm: 210.000 (di cui 73.000 coperti)
- Linee produzione liner acciaio:
 - Da lamiera: 4
 - Da tubi: 1
- Linea produzione Tipo 2-3: 1
- Linea produzione Tipo 4: 1

- Faber è l'unico produttore di bombole che usa tutte e tre le tecnologie di produzione per bombole in acciaio: da tubo, da billetta e da lamiera

- Faber è già produttore di bombole T4. La produzione di liner in materiale plastico da tecnologia blow-moulding si prevede attiva in casa in Q2 2024









CASTELFRANCO VENETO (TV)



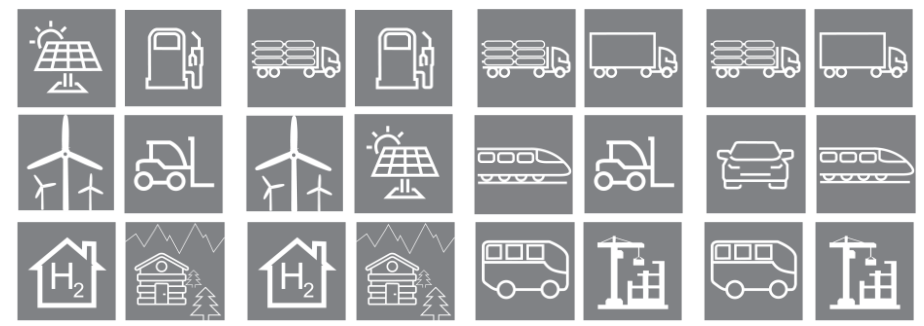
- Sqm: 67.000 (di cui 31.000 coperti)
- Linee produzione liner acciaio:
 - Da billetta: 3

Mercato Faber: Bombole e Sistemi

BOMBOLE

Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
			
Solo acciaio	Liner in acciaio avvolto con fibra di carbonio/vetro	Liner in acciaio avvolto completamente con fibra di carbonio/vetro	Liner in plastica avvolto completamente con fibra di carbonio/vetro
			

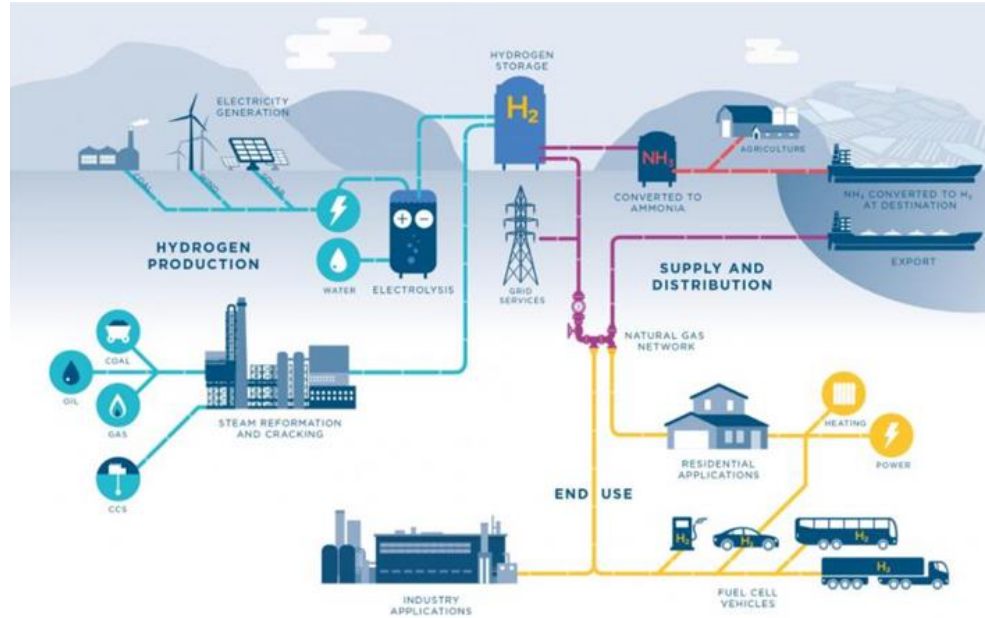
Volume: fino a 800 lt
 Pressione: fino a 1100 bar
 Diametro: 83 – 660 mm
 Lunghezza : fino a 4 mt



SISTEMI

Bundles	Vehicle Racks
	
H2 Buffer	Virtual pipeline/Trailers
	

Filiera idrogeno

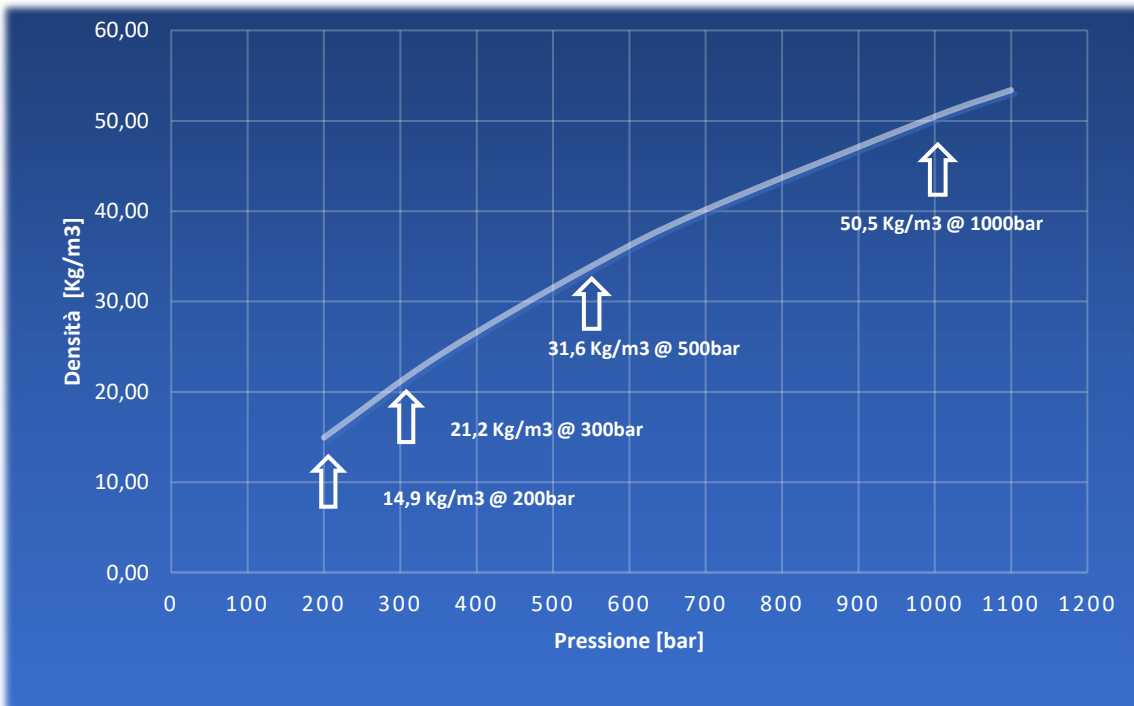


Principali applicazioni che usano idrogeno compresso ad alta pressione in bombole

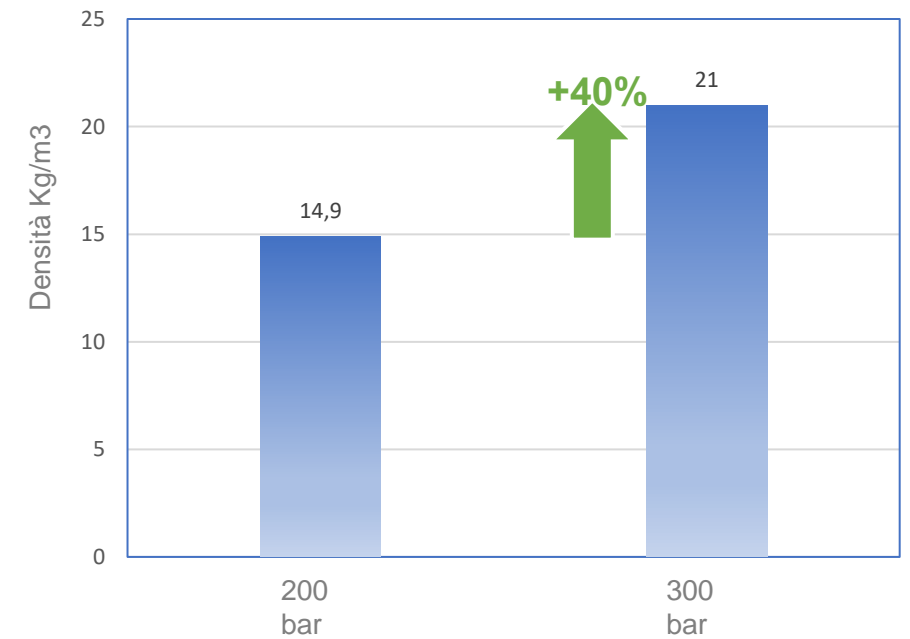
MOBILITY	<p>Fuel Cell Cars</p>	<p>Fuel Cell LCVs</p>	<p>Fuel Cell Trucks</p>	<p>Fuel Cell Buses</p>
	<p>Fuel Cell Trains, shunters and locomotives</p>	<p>Fuel Cell Forklifts</p>		
TRANSPORTABLE	<p>Trailers</p>	<p>Cylinders and bundles for Industrial usages</p>	<p>Portable power generation</p>	
	<p>H₂ refueling stations</p>	<p>Stationary power generation</p>	<p>Building heating and power generation</p>	

IDROGENO COMPRESSO

L'idrogeno ha una bassa densità allo stato gassoso e quindi deve essere compresso ad alta pressione.



La densità dell'idrogeno aumenta del 40% passando da 200bar a 300bar. Questo permette di trasportare il 40% in più di idrogeno a pari volume.

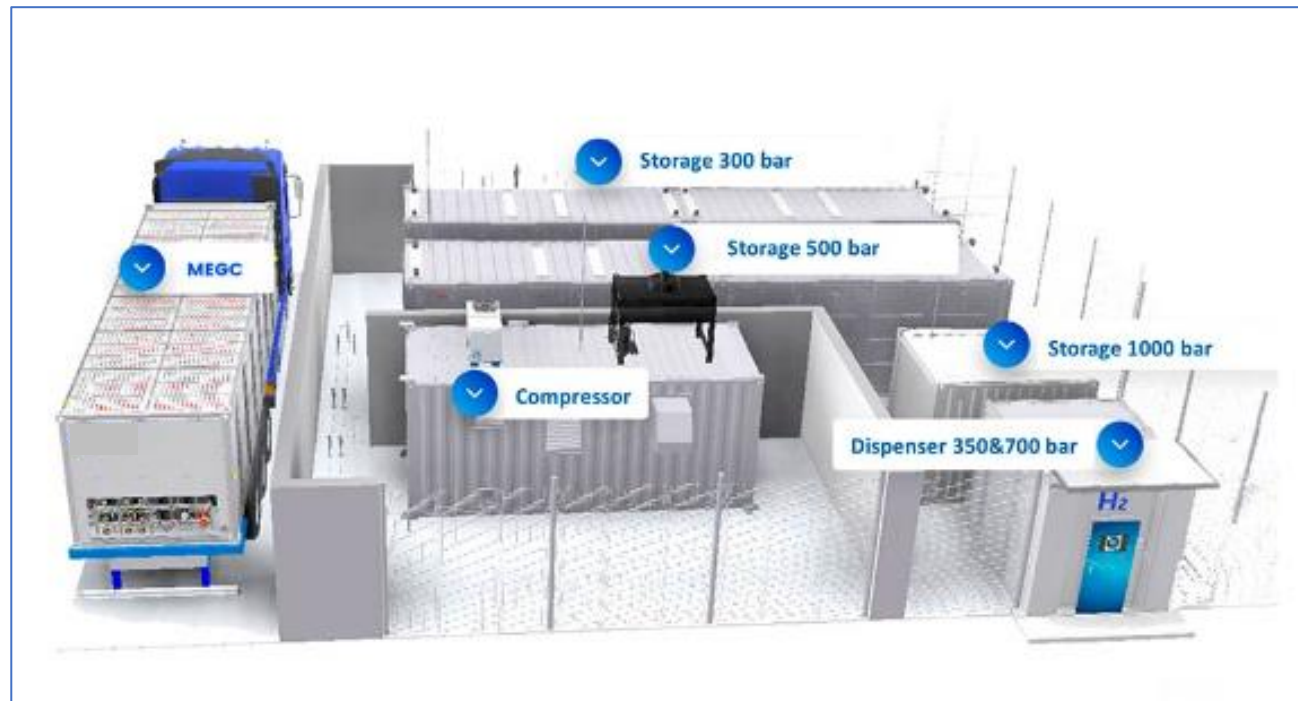


Trasporto dell'idrogeno - Stazioni di rifornimento

Al fine di ridurre il consumo energetico delle stazioni di idrogeno alimentate con MEGC, è richiesto l'utilizzo di MEGC con pressioni sempre più alte 300bar, 500bar o superiori

I vantaggi sono:

- ridurre l'utilizzo dei compressori
- utilizzare i MEGC come stoccaggio per collegarli direttamente ai dispenser
- aumentare la quantità di H₂ trasportato
- ridurre la quantità di MEGC per quantità di idrogeno da trasportare



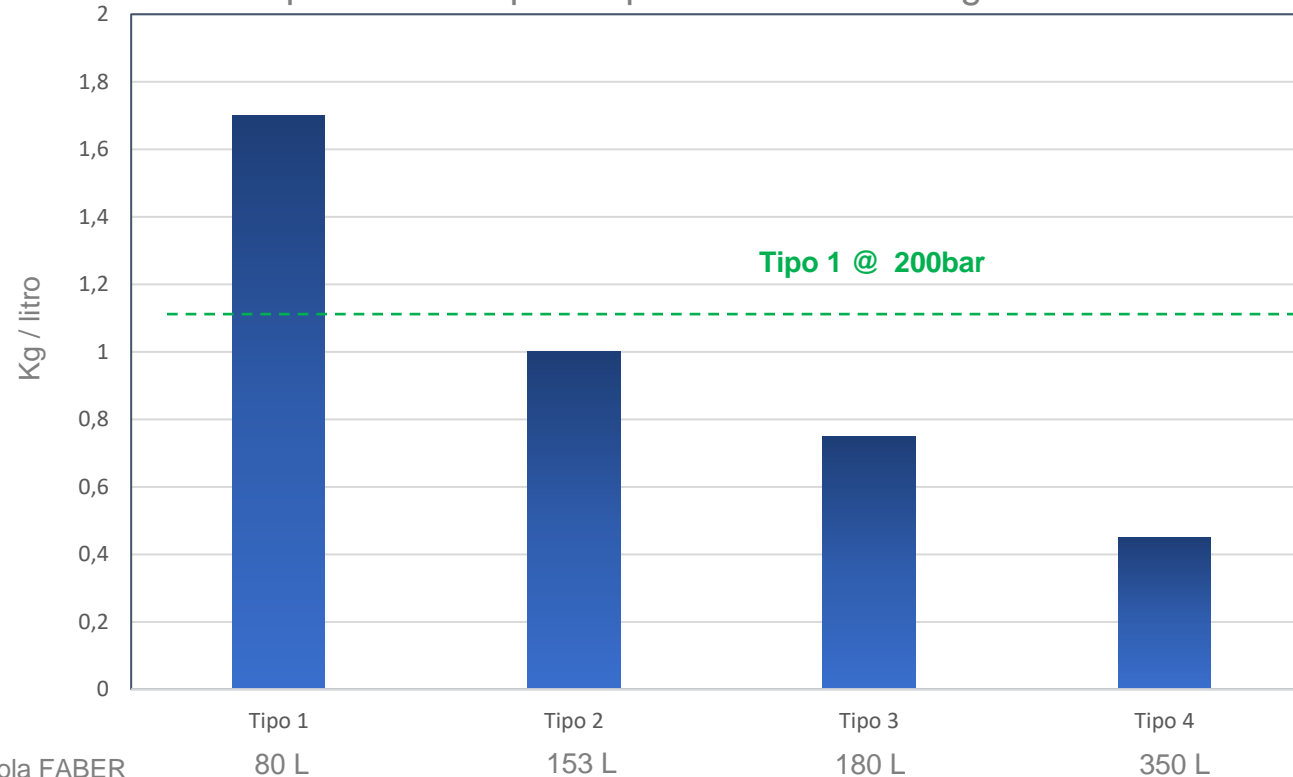
TRASPORTO IDROGENO 200bar vs. 300bar

Incrementare la pressione da 200bar a 300bar richiede bombole più leggere per non aumentare il peso dei trailer.



Tipica bombola FABER

Peso per litro di capacità per bombole di idrogeno @ 300bar



Stoccaggio dell'idrogeno - Stazioni di rifornimento

MEDIA PRESSIONE

- Pressione di servizio: **550bar**
- Capacità di stoccaggio da 10kg H₂ a 135kg H₂ per unità
- Possibile soluzioni orizzontali e verticali

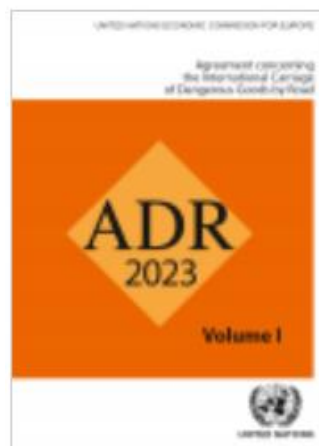
ALTA PRESSIONE

- Pressione di servizio: **1000/1100bar**
- Capacità di stoccaggio da 15kg H₂ a 200kg H₂ per unità
- Possibile soluzioni orizzontali e verticali



Considerazioni sulla sicurezza delle bombole

Le bombole composite per il trasporto di idrogeno sono progettate, omologate, costruite e collaudate secondo le normative prescritte ADR.



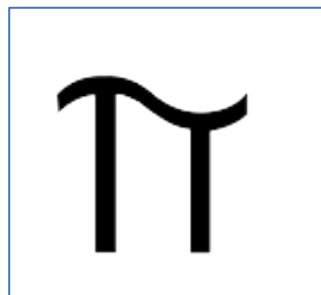
Bombole composite Tipo 2

EN 12257 - Transportable gas cylinders - Seamless, hoop-wrapped composite cylinders

Bombole composite Tipo 3 e Tipo 4

EN 12245 - Transportable gas cylinders - Fully wrapped composite cylinders

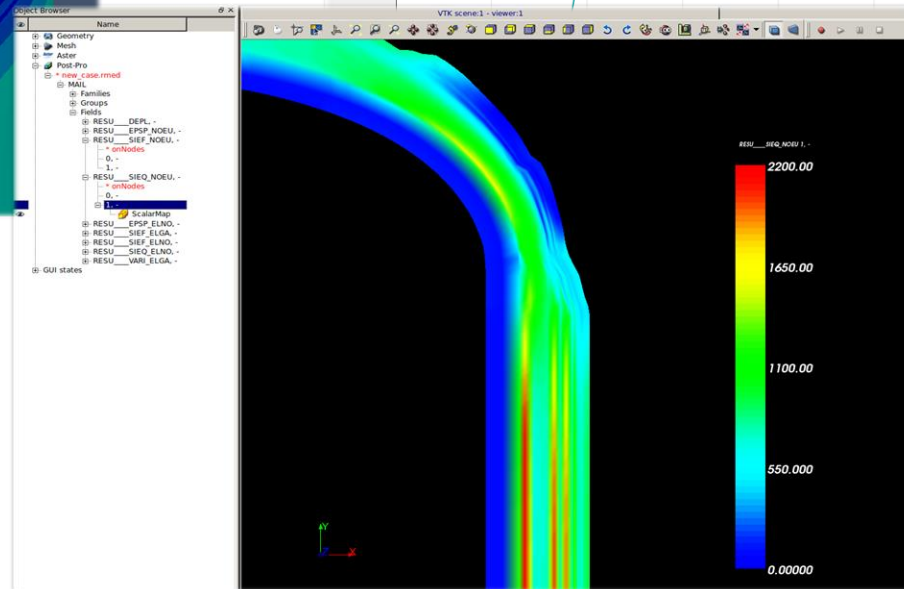
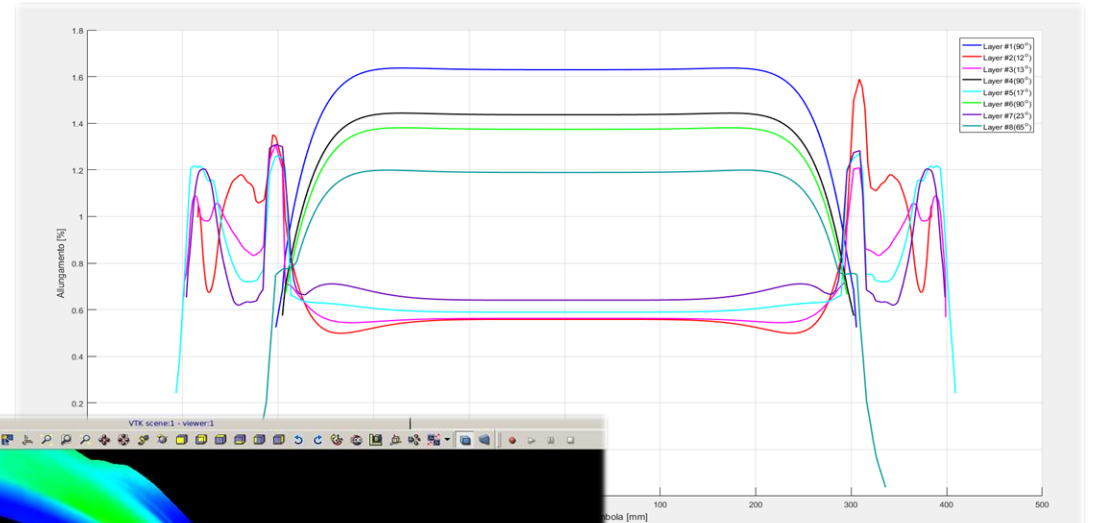
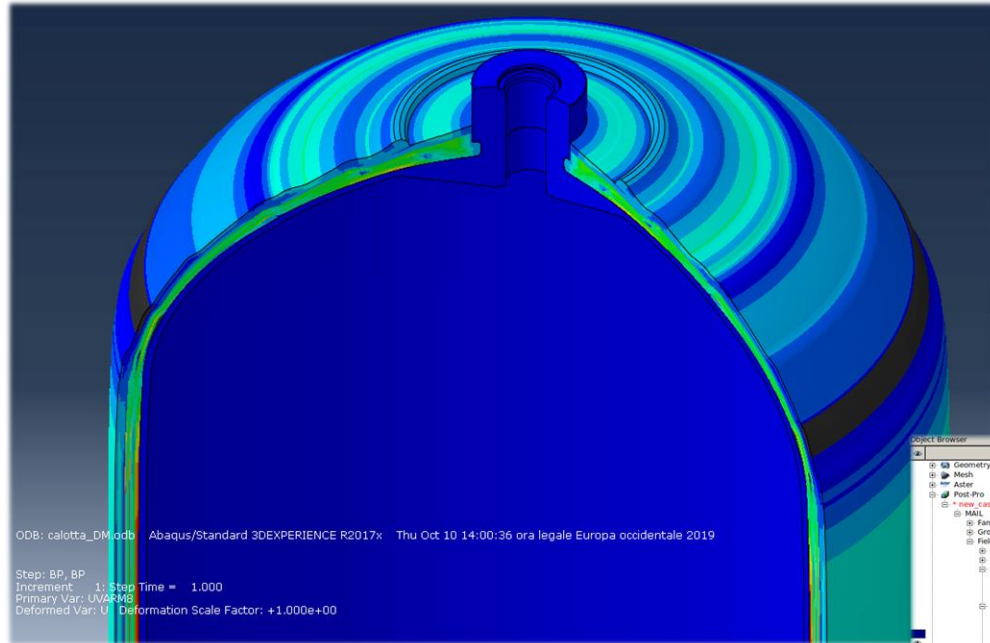
EN 17339 - Transportable gas cylinders - Fully wrapped carbon composite cylinders and tubes for hydrogen



In conformità ai requisiti della direttiva 2010/35/EU (TPED) le bombole sono marcate (p-greco)

Considerazioni sulla sicurezza delle bombole

Le bombole vengono progettate utilizzando programmi ad elementi finiti FEM



Considerazioni sulla sicurezza delle bombole

TEST SULLE BOMBOLE

NORMA EUROPEA	Bombole per gas trasportabili - Bombole e tubi completamente avvolti in composito di carbonio per l'idrogeno	UNI EN 17339
		OTTOBRE 2020

Iter di omologazione secondo UNI EN 17339

Table A.4 — Finished cylinder tests

Test	Prototype and design variant testing	Production testing
Visual inspection	100 %	10 % ^c
Dimensional check	100 %	10 % ^c
Weight check	100 %	10 % ^c
Water capacity	100 %	10 % ^c
Marking compliance	100 %	100 %
Test 4 – Pressure test of finished cylinders at ambient temperature	100 %	100 %
Test 5 – Cylinder burst test	3	1 per batch of cylinders ^d
Test 6 – Resistance to pressure cycles at ambient temperature	2	Minimum of 1 per 5 batches of cylinders ^d
Test 7 – Exposure to elevated temperature	2	-
Test 8 – Blunt Impact test	2	-
Test 9 – Flawed cylinder test	2	-
Test 10 – Extreme temperature cycle test ^a	1	-
Test 11 – Fire resistance test	2	-
Test 12 – Permeability test of cylinders with non-metallic liners ^b	2	-
Test 13 – Torque test for taper threads	1	-
Test 14 – Shear stress calculation for parallel threads for steel liners and steel bosses	1	-
Test 15 – Neck strength	1	-
Test 16 – Neck ring (if applicable)	1	-
Annex C (optional) – High velocity impact (bullet) test	1	-

NOTE The numbers in the table represent the number of cylinders that shall be subjected to the relevant test.

^a For Test 10 the vacuum conditioning is optional for cylinders with non-metallic liners.
^b The permeability test is required for cylinders with non-metallic liners.
^c If one unacceptable defect is found, 100 % of the cylinders in the batch shall be inspected.
^d For cylinders greater than 150 l water capacity, a smaller cylinder with the same diameter, thicknesses and wrap pattern may be used for production testing. The comparability of burst and cycle performance shall first be demonstrated before the smaller water capacity cylinder may be used.



Laboratori FABER

TEST PER BOMBOLE IDROGENO



1. Test sul materiale in atmosfera idrogeno ad alta purezza
2. Test ciclico idraulico fino a 2000 bar e test di scoppio fino a 4000 bar
3. Prova ciclica con gas idrogeno fino ad una pressione di 875bar. Temperatura del gas controllata a -40°C in accord con UNECE/Reg.134

TEST SUI MATERIALI

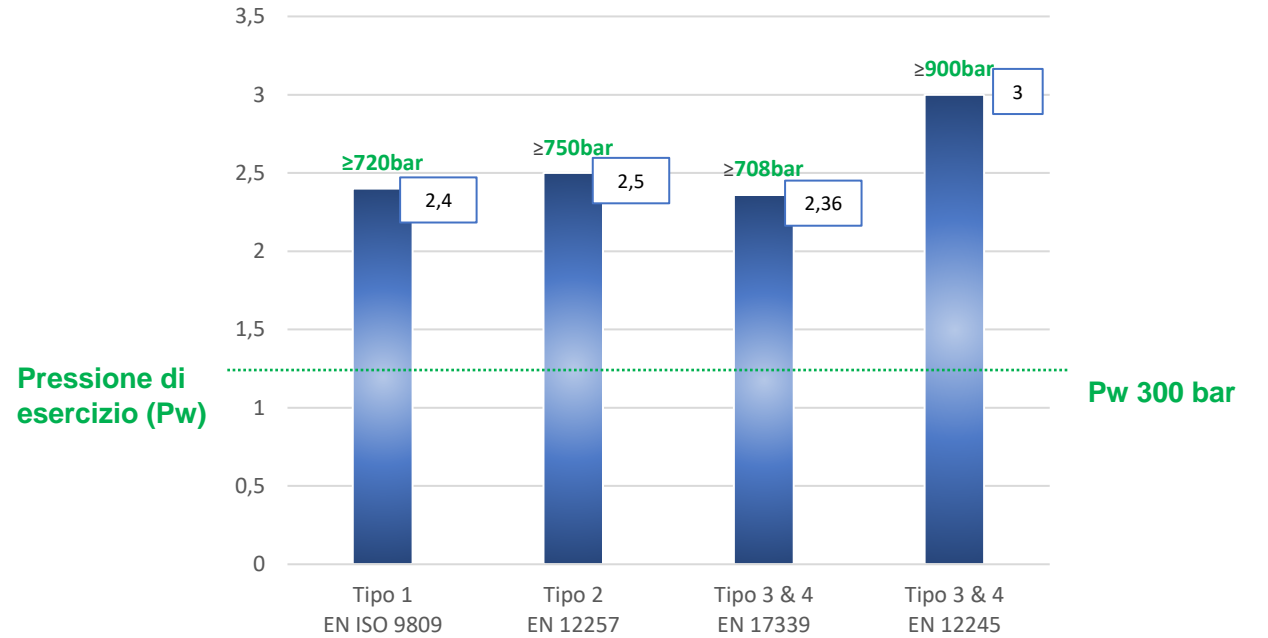


Considerazioni sulla sicurezza delle bombole

BURST TEST



Comparazione dei “Burst ratio” (Pressione minima di scoppio/ Pressione di esercizio) per i varie normative



Considerazioni sulla sicurezza delle bombole

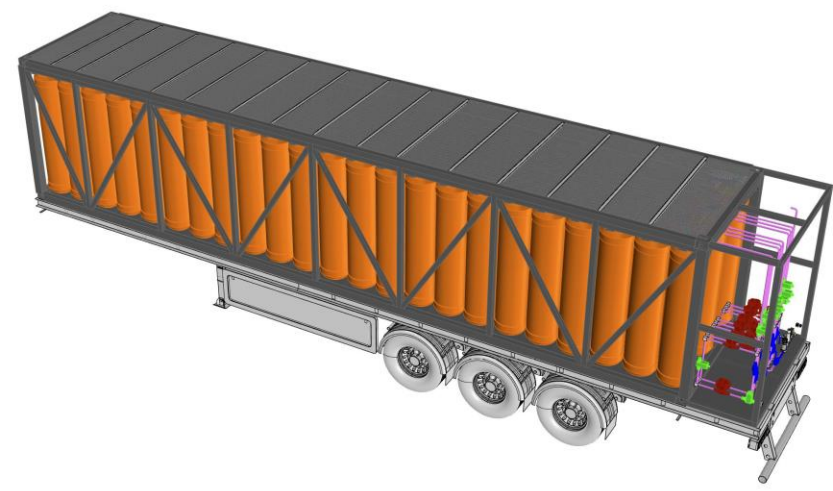
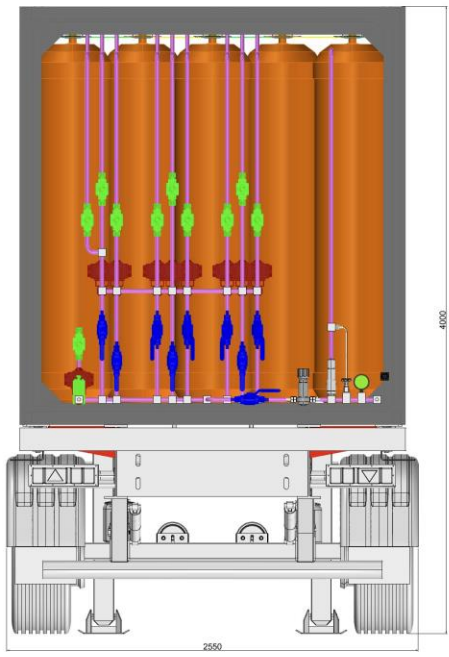
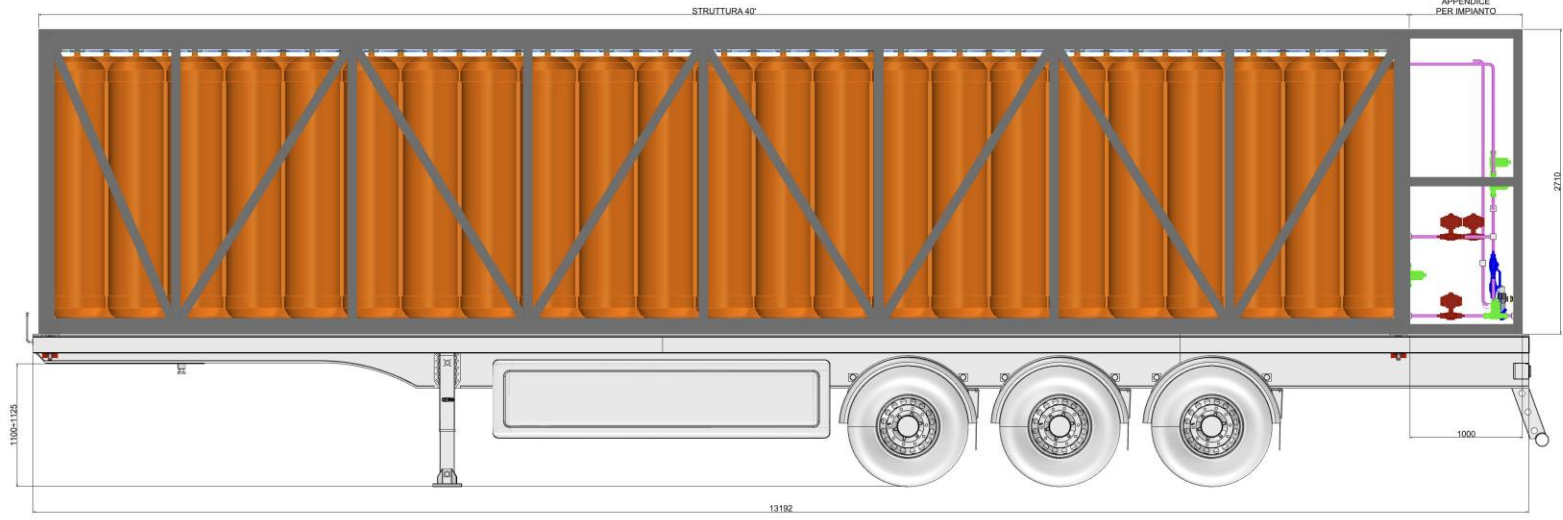


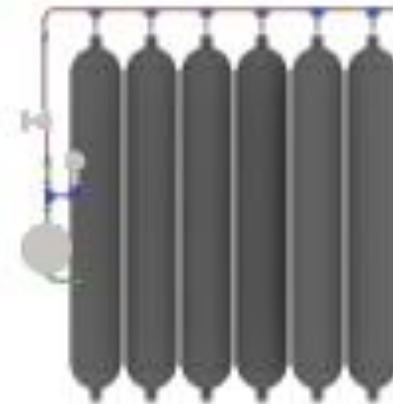
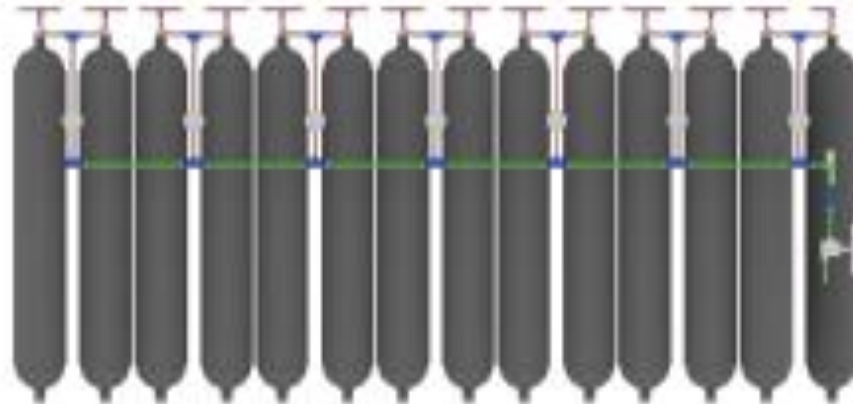
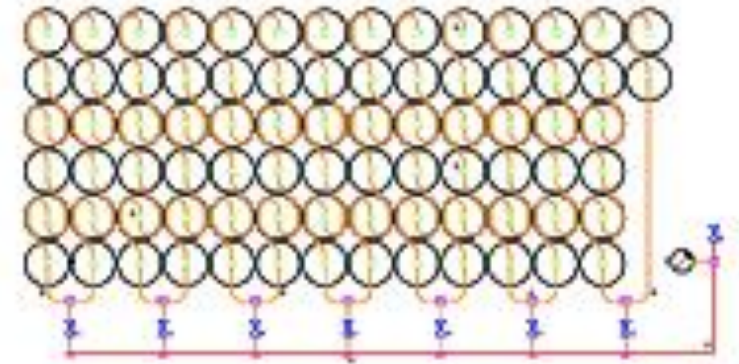
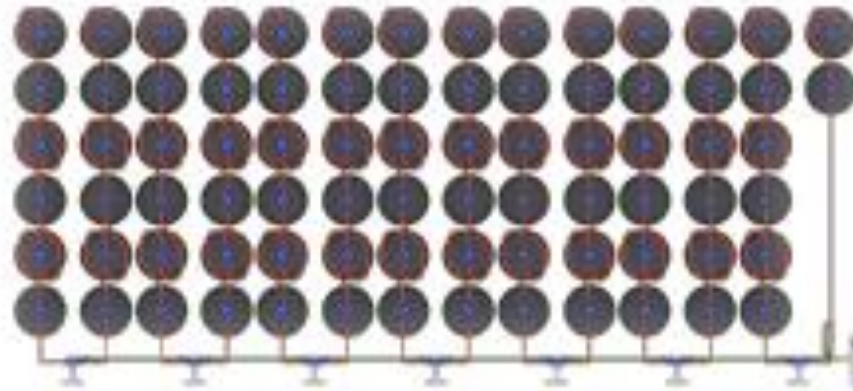
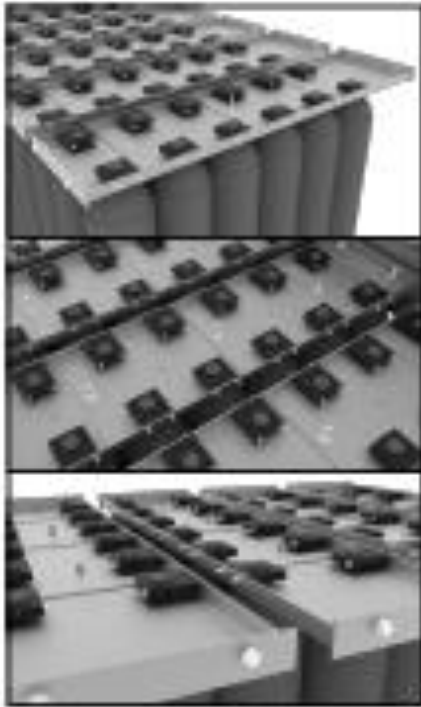
DROP TEST



BONFIRE TEST

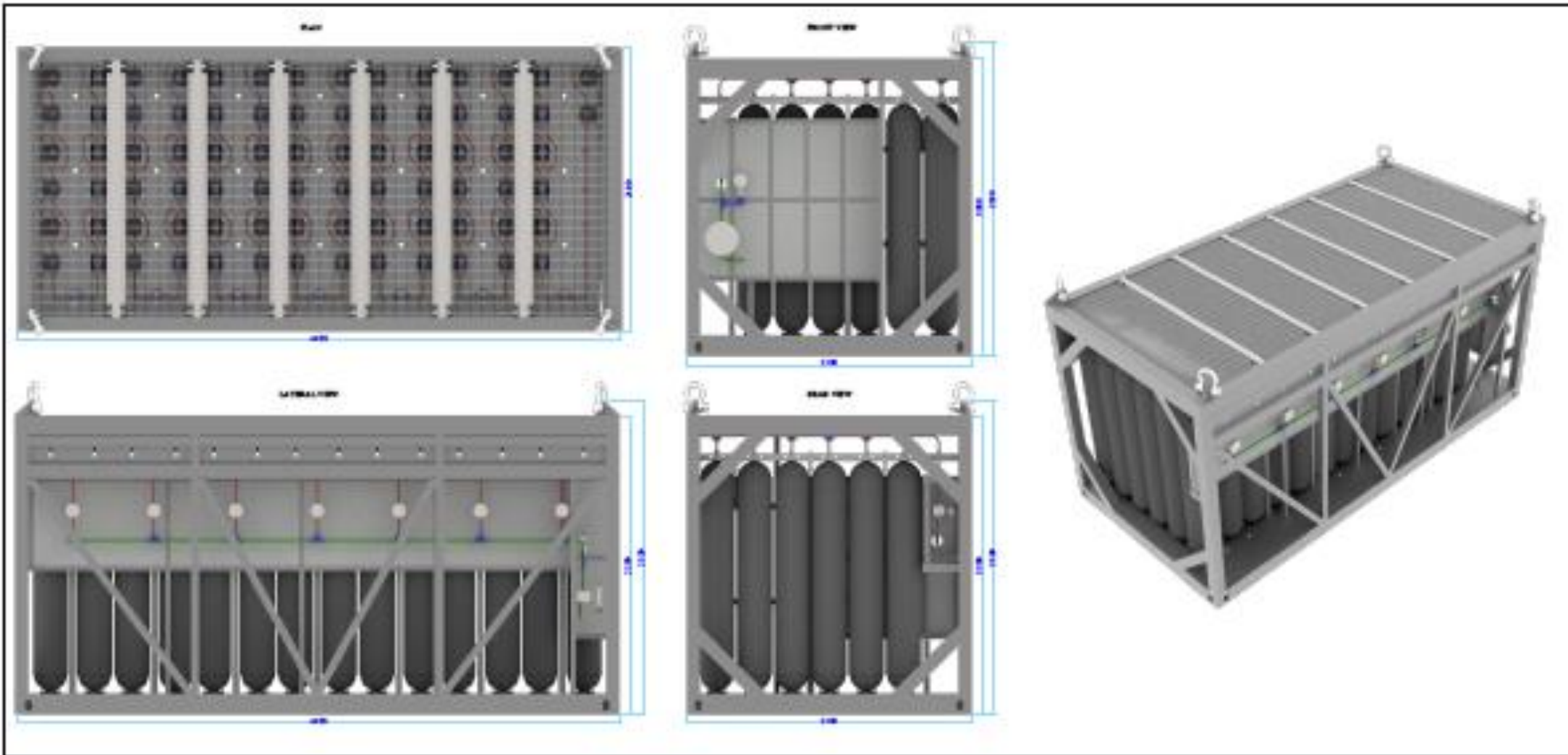




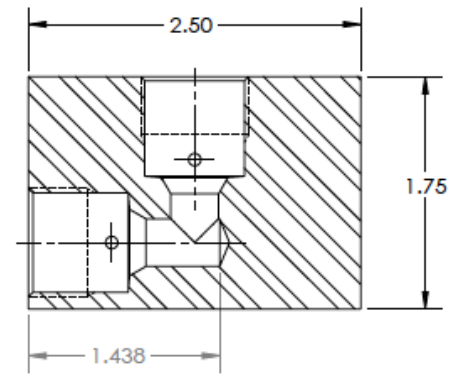
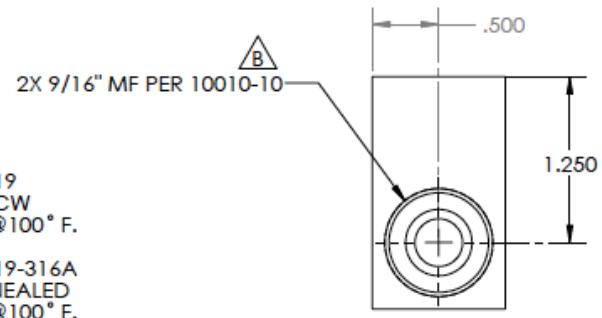
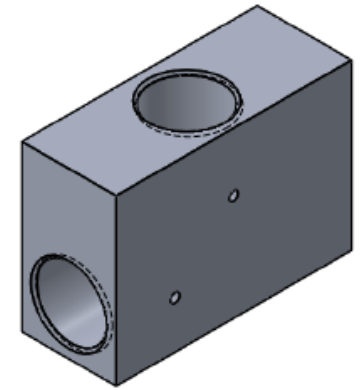
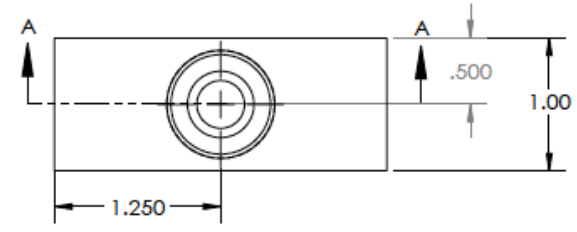


Code	Symbol	Description
1		Shell and tube
2		Plate
3		Outside Shell (Shell and Tube) - High
4		Flow
5		Flow
6		Flow
7		Flow

Item	Quantity	Unit	Value
1	1	EA	1
2	1	EA	1
3	1	EA	1
4	1	EA	1
5	1	EA	1
6	1	EA	1
7	1	EA	1



REV.	DESCRIPTION	ECN	BY	DATE	APPROVED
A	INITIAL RELEASE - FOR PROTOTYPING ONLY		KRH	07/01/2015	
B	CORRECTED ORIFICE: 10010-10 WAS 10010.		KRH	4/8/2016	



SECTION A-A

PART NUMBER: 40119
 MATERIAL: 316 SST CW
 MAWP: 20,000 PSI @100° F.

PART NUMBER: 40119-316A
 MATERIAL: 316 ANNEALED
 MAWP: 10,000 PSI @100° F.

2X 9/16" MF PER 10010-10

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:

ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES.
 TOLERANCES AS FOLLOWS:
 1 PLACE DECIMAL (.01): ±.030
 2 PLACE DECIMAL (.00): ±.020
 3 PLACE DECIMAL (.000): ±.010
 ANGLES: ± 2°

SURFACE FINISH: 63 RMS
 BREAK ALL EDGES: .010-.015
 FILLETS AND ROUNDS: R. 015 TO .030

THREADS UNIFIED CLASS 2A OR 2B.
 CHAMFER THREADS 45° TO ROOT.
 CHAMFER IS OPTIONAL FOR MALE
 THREADS ONLY.

MACHINING: ϕ \perp AND \parallel
 WITHIN .005 T.I.R.

PHP PROCEDURE E3-001 APPLIES

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
 PRECISION HIGH PRESSURE. ANY
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
 PRECISION HIGH PRESSURE IS PROHIBITED.

NAME	DATE
DRAWN: KRH	07/01/2015
APPROVED:	
DO NOT SCALE DRAWING	
REF. DWG:	
MATERIAL:	
ETCHING INFO:	

PHP
PRECISION HIGH PRESSURE

ELBOW
9/16" MEDIUM PRESSURE

SIZE B	DWG. NO. 40119	REV B
SCALE: 1:1		WEIGHT (lbs): 0.129
		SHEET 1 OF 1

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

